

УДК 621.548

DOI: 10.36979/1694-500X-2021-21-8-21-24

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

С.В. Горячев, А.А. Смолякова

Предложено антиобледенительное устройство для устранения наледи путем обогрева лопастей ветровой установки. Показано преимущество предлагаемой технологии, произведен расчет экономической эффективности. Рассмотрен ряд изменений, благодаря которым применение данной разработки позволит усовершенствовать оборудование ветрогенераторов в сфере альтернативной энергетики.

Ключевые слова: ветроэнергетика; устройство ветрогенератора; система устранения обледенения; электроэнергия.

ШАМАЛ ГЕНЕРАТОРУНУН ПАРАСЫНДАГЫ МУЗДУН ПАЙДА БОЛУШУНА КАРШЫ АВТОМАТТЫК ТҮЗҮЛҮШ

С.В. Горячев, А.А. Смолякова

Бул макалада шамал генераторунун параларын жылытуу менен музду кетируүүчү музга каршы түзүлүш сунушталган. Сунушталган технологиянын артыкчылыктары көрсөтүлүп, экономикалык натыйжалуулугу эсептелген. Бир катар өзгөртүүлөр каралды, алардын аркасы менен бул иштеп чыгууну колдонуу альтернативдүү энергетика тармагындагы шамал генераторлорунун жабдууларын өркүндөтөт.

Түйүндүү сөздөр: шамал энергетикасы; түзүлүш; шамал генератору; муздун пайда болушун четтетүү системасы; электр энергиясы.

AUTOMATIC DEICING DEVICE FOR WIND TURBINE BLADES

S. V. Goryachev, A. A. Smolyakova

The article deals with the anti-icing device for removing ice by heating the blades of a wind turbine. The advantages of the proposed technology are shown, and the economic efficiency is calculated. The number of changes have been considered, thanks to which the application of this development will improve the equipment of wind generators in the field of alternative energy.

Keywords: wind power; wind generator device; deicing system; electric power.

Ветроэнергетика – это направление альтернативной энергетики, основанной на использовании возобновляемого источника энергии, которым является ветер. В настоящее время ветроэнергетика развивается как отдельная отрасль производства различных видов энергии, таких как: электрическая, механическая, тепловая и т. д. Во всех случаях первичным источником служит кинетическая энергия ветра, преобразо-

ванная с помощью различных механизмов в требуемый вид энергии.

Использование ветровых генераторов в различных регионах страны распространено неравномерно, что обусловлено наличием определенных погодных условий, различных технических и финансовых возможностей регионов, а также потребностью в электрической энергии [1].

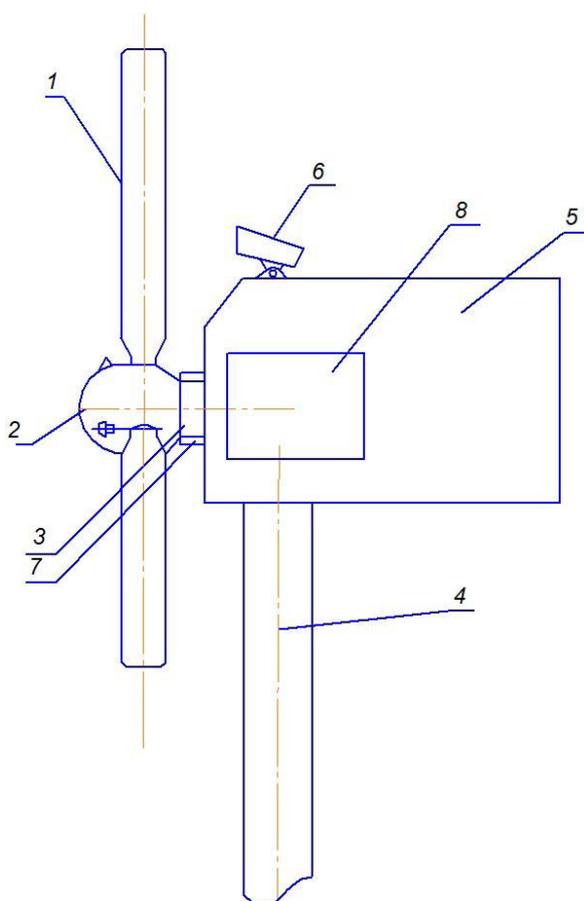


Рисунок 1 – Схематический вид структуры противообледенительной системы ветрогенератора (вид сбоку):

- 1 – лопасть; 2 – кожух; 3 – статор; 4 – башня;
- 5 – корпус; 6 – инфракрасный термометр;
- 7 – токопроводящее кольцо; 8 – контроллер

Основная проблема использования ветроэнергетики в зимнее время – обледенение. Особенно это относится к странам, где зимой температура опускается до минусовых значений. Все, что нужно для этого эффекта – температура ниже нуля и высокая влажность воздуха. Два негативных последствия этого события – снижение выработки электроэнергии (снижение рентабельности и эффективности) и увеличение аэродинамических нагрузок (больше остановок и сокращение срока службы устройства) [2, 3].

Поэтому решение проблемы обледенения лопастей ветроэлектростанций в последнее время стоит довольно остро. Дело в том, что вет-

ровые генераторы старого типа для выработки электроэнергии не оборудованы подогревом лопастей. Для того чтобы вырабатывалось большее количество ветровой энергии ветряные турбины, как правило, располагаются на больших высотах, а наиболее благоприятные регионы по скорости ветра часто являются и наиболее неблагоприятными по климатическим условиям. На таких участках зимой происходит обледенение лопастей. Яркий пример последствия этой проблемы можно было наблюдать в Техасе минувшей зимой. Из-за сильных морозов почти половина установленных ветряных электростанций в штате была отключена из-за обмерзания турбин. Повышенная влажность и резкое снижение температуры воздуха привели к обледенению лопастей ветряков. Ветряки замёрзли, и электросеть перестала работать. Миллионы техасцев остались без света и тепла.

К настоящему времени предложены различные идеи в области решения проблем предотвращения обледенения ветрогенераторов. Вопрос лишь в том, какие из них наиболее эффективны в тех или иных конкретных условиях эксплуатации [4]. Существуют антиобледенительные жидкости для ветрогенераторов – это химически нейтральные жидкости с рабочей температурой от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, которые служат для безопасного удаления наледи с лопастей и корпусов ветрогенераторов без нанесения им механических и химических разрушений. В то же время рассматривается использование гидрофобных покрытий для различных поверхностей, но их нанесение возможно только в тёплое время (от $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Используется и компьютерное моделирование, которое позволяет автоматически определять момент нарастания льда на ветрогенераторах для более оптимального контроля за их работой.

Системы устранения обледенения, или системы предотвращения обледенения состоят из трех основных компонентов: детектора, блока управления и нагревательной системы. В системах устранения обледенения отопление лопастей включается как только детектор фиксирует понижение температуры и начальное образование наледи. В системах предотвращения обледенения отопление включается в тот момент, когда погодные условия делают образование наледи вероятным, то есть, не дожидаясь

формирования реальной ледяной корки. Толщина льда и температура на поверхности лопастей измеряется при помощи автономных датчиков, которые крепятся простым приклеиванием. Датчик получает питание от солнечной энергии, емкости его аккумулятора хватает на 1000 часов работы. Сигналы датчика передаются беспроводным способом в блок анализа данных, который установлен в шкафу управления.

В конструкции обогрева лопастей заложен принцип электрических “теплых полов”. По контуру лопасти проводится нагревательный кабель, входящий в узел нагрева, расположенный на каждой лопасти ветрогенератора (рисунки 1 и 2).

Часть вырабатываемой электрической энергии будет трансформироваться в тепловую, тем самым предотвращая обледенение лопастей ветрогенератора. На статоре закреплено токосъемное кольцо. Один конец проводящей щетки подключен к источнику переменного тока, другой контактирует с токосъемным кольцом. Также устройство отличается тем, что дополнительно содержит блок определения температуры окружающей среды, соединенный с контроллером, что позволяет определять в режиме реального времени температуру лопасти и подавать соответствующие сигналы на контроллер. Такая система управления осуществляет контроль температуры в реальном режиме времени, работа системы является стабильной и безопасной, а главное, экономически выгодной [5].

В качестве конкретного примера рассмотрим конструкцию ветрогенератора – “Ветровая электростанция Danwin 200”.

Технические характеристики “Danwin 200”:
Номинальная мощность установки,
 P – 200 кВт;

Диаметр ветроколеса, D – 28 м;

Длина лопасти, L – 14 м.

Если распределить нагревательный кабель по контуру лопастей, то количество потребляемой энергии на обогрев одной лопасти можно рассчитать по формуле:

$$W_1 = \frac{L_k}{a} \cdot P_1,$$

где L_k – длина кабеля; a – длина шага; P_1 – мощность, потребляемая нагревательным кабелем.

$$W_1 = \frac{14 \cdot 2,25}{2} \cdot 180 \approx 2830 \text{ Вт/час.}$$

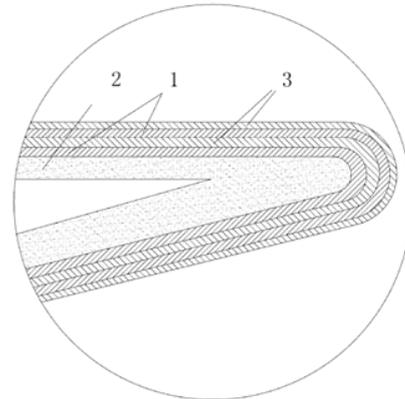


Рисунок 2 – Схематический вид увеличенной структуры нагрева в поперечном сечении: 1 – проводящее покрытие; 2 – нагревательный кабель; 3 – защитный слой

Для поддержания температуры, предотвращающей обледенение лопастей, необходимо производить нагрев каждую треть часа. Следовательно, за сутки, при низкой температуре и высокой влажности в течение дня, продолжительность обогрева составит 8 часов.

На обогрев одной лопасти приблизительно расходуется 23 кВт в сутки, следовательно, на обогрев трех лопастей ветрогенератора будет уходить 69 кВт/сутки. При ежемесячной выработке электроэнергии 150–200 кВт/час в сутки, такой расход на обогрев двух–пяти (140–350 кВт в месяц) холодных дней допустим (рассматривая область с континентальным климатом), и составляет 0,5 % от общей величины вырабатываемой электроэнергии в месяц.

Внедрение данной технологии позволит решить проблему обледенения лопастей ветроустановок и исключить поломку оборудования из-за образования наледи. Применение этого метода обогрева позволит усовершенствовать существующее оборудование и повысить эффективность его работы в несколько раз. Благодаря непрерывному измерению температуры поверхности лопасти и беспроводному дистанционному управлению, включению или выключению отдельного контура нагрева для каждой лопасти, можно эффективно контролировать температуру поверхности каждой лопасти и скорость нагрева в соответствующем диапазоне, чтобы не только обеспечить безопасную выработку

электроэнергии ветрогенератором в период обледенения и повысить эффективность его работы, но и обеспечить продолжительный срок службы установки.

Литература

1. Земсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК: учеб. пособие / В.И. Земсков. М.: Лань, 2014.
2. Каргиев В.М. Ветроэнергетика. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности” / В.М. Каргиев, С.Н. Мартиросов, В.П. Муругов, А.Б. Пинов, А.К. Сокольский, В.П. Харитонов. М.: Изд-во “Интерсо-ларцентр”, 2001.
3. Типы ветродвигателей. Новые конструкции и технические решения // Энергетика и ТЭК. 2013. № 1.
4. Strickland M.D. Comprehensive guide to studying wind energy/wildlife interactions” / M.D. Strickland, E.B. Arnett, W.P. Erickson, D.H. Johnson, G.D. Johnson, M.L. Morrison, J.A. Shaffer, W. Warren-Hicks // National Wind Coordinating Collaborative. 2011 (на англ. яз.)
5. Тер-Микаелян М.Л. Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях / М.Л. Тер-Микаелян. М., 2017.